

Henri Riekk

OMAKOTITALON SISÄILMAN LAATUTEKIJÄT

OMAKOTITALON SISÄILMAN LAATUTEKIJÄT

Henri Riekk
Opinnäytetyö
Kevät 2016
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma, talonrakennus

Tekijä(t): Henri Riekk
Opinnäytetyön nimi: Omakotitalon sisäilman laatutekijät
Työn ohjaaja(t): Kimmo Illikainen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2016
Sivumäärä: 38 + 0 liitettä

Omakotitalon sisäilman laatu vaikuttaa rakennuksen rakenteiden kuntoon, puhtauteen ja rakennuksen käyttäjiin. Huono sisäilma voi synnyttää rakenteisiin homevaurioita, jotka huonontavat sisäilmaa entisestään. Rakennusajat lyhenevät kovaa vauhtia, minkä vuoksi rakenteisiin voi jäädä esimerkiksi kuivumatonta betonia, joka aiheuttaa myöhemmin terveysriskejä talon käyttäjille. Siksi sisäilman laadun ja sen tekijöiden seuranta on hyvin tärkeää.

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda yksikerroksiseen omakotitaloon järjestelmä, joka seuraa rakennuksen sisäilman laatua reaaliajassa. Tarkoituksena oli, että järjestelmä ilmoittaa mittaamia tuloksia talon tekniseen tilaan asennettuihin näyttöpäätteisiin. Tulosten perusteella on mahdollista havaita viat nopeasti.

Anturijärjestelmä suunniteltiin kuvitteelliseen esimerkkikohteeseen. Toimivuutta mittaavien antureiden sijoituspaikat suunniteltiin alustavasti, ja niiden tarkat paikat hahmottuvat myöhemmin. Suunnittelussa otettiin myös huomioon aikaisemmat havainnot sisäilman laadun riskitekijöistä tutkimalla vanhoja sisäilmaongelmista kärsineitä taloja.

Opinnäytetyössä saatiin suunniteltua omakotitalon sisäilman laatua mittaava anturijärjestelmä, jonka liittäminen omakotitalon rakenteisiin sekä tekniikan yhteyteen ilman suuria rakenteellisia muutoksia onnistuu. Järjestelmää voidaan hyödyntää suoraan kaikissa uudisrakennuksissa. Pienillä muutoksilla järjestelmää voidaan hyödyntää myös korjausrakentamisessa.

Asiasanat: sisäilma, terveellisyys, omakotitalo

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Civil Engineering, House Building Engineering

Author(s): Henri Riekk
Title of thesis: Detached house's indoor air
Supervisor(s): Kimmo Illikainen
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2016
Pages: 38 + 0 appendices

Healthy indoor air of detached house is an important part of the whole building functionality. It is very difficult to define when the technique should be repaired. Construction times are shortened all the time so it is important to monitor indoor air quality.

The aim of this thesis was to create a system that monitors indoor air quality of detached house in real time. The purpose was that system informs the results that it has measured to the engineering and utility services room. Any faults can be found quickly.

In this thesis the measuring system was designed to the example target. Locations of the measuring points was designed tentatively. Exact locations will be announced later. The thesis found that the system can be connected to technique without any major structural changes.

The result was a system that measures the quality of indoor air in real time. The system can be used in all new buildings. The system can also be used in renovation with small changes.

Keywords: indoor air, healthiness, detached house

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 JOHDANTO	6
2 SISÄILMAN LAATUTEKIJÄT	7
2.1 Lämpötila	8
2.2 Ilmanvaihto	10
2.2.1 Huoneistokohtainen tulo- ja poistoilmanvaihto	12
2.2.2 Keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihto	13
2.3 Painesuhteet	14
3 KOSTEUDENHALLINTA	17
3.1 Kuivaketju	17
3.2 Kosteus huoneilmassa	18
3.3 Kosteuspitoisuus rakenteissa	19
4 MITTAUSJÄRJESTELMÄ	22
4.1 Kosteusanturit	23
4.2 Lämpötila-anturit	27
4.3 Hiilidioksidimittaus	29
4.4 Älykäs veden mittaus	32
4.5 Huoltovälimuistutin	34
5 YHTEENVETO	35
LÄHTEET	36

1 JOHDANTO

Omakotitalon sisäilman laatu koostuu useasta eri tekijästä. Sisäilman laadulla on suora yhteys talon rakenteiden kuntoon ja sen asukkaiden hyvinvointiin. Vääränlaiset sisäilman olosuhteet sairastuttavat rakennuksen ja sen asukkaat. Oikeanlaisilla valinnoilla rakennuksen elinkaari pitenee ja sen asukkaat pysyvät terveinä.

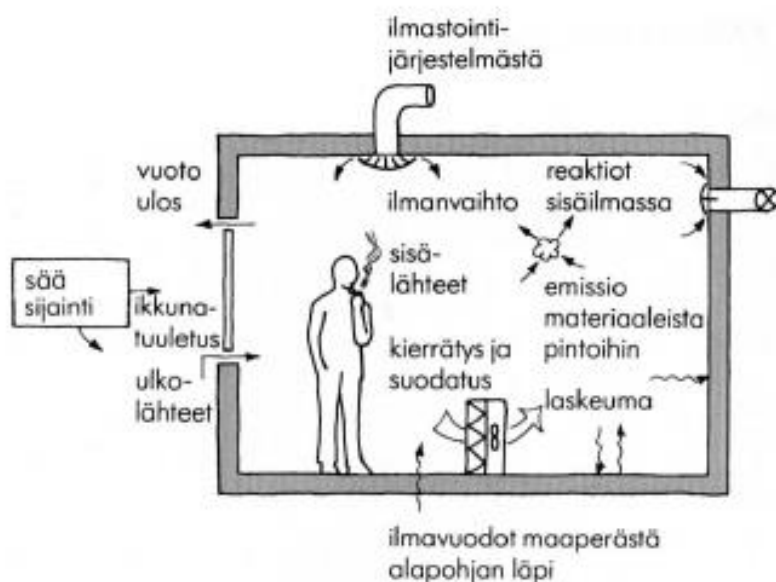
Opinnäytetyön tavoitteena on perehtyä sisäilman keskeisiin laatutekijöihin yksityiskohtaisesti. Työssä selvitetään, miten esimerkiksi omakotitalon huonelämpötila ja ilmavaihto tulisi säätää, jotta sen sisäilma olisi mahdollisimman terveellinen ja viihtyisä. Lisäksi perehdytään asumisterveysasetuksessa määriteltyihin sisäilman vaatimuksiin ja käydään läpi kosteuden vaikutuksia omakotitalon rakenteisiin ja sisäilmaan.

Tämän lisäksi työssä suunnitellaan järjestelmä, joka mittaa rakennuksen sisäilman kuntoa usealla eri tavalla. Samalla tutkitaan, millä tavalla yksikerroksien omakotitalon sisäilman laatua voidaan seurata mahdollisimman tarkasti opinnäytetyössä suunnitellun järjestelmän avulla. Järjestelmä mittaa neljää erilaista tekijää ja viestittää omakotitalon teknisessä tilassa sijaitsevaan keskukseen tuloksia reaaliajassa.

2 SISÄILMAN LAATUTEKIJÄT

Rakennuksen sisäilman laadulla on suuri vaikutus ihmisen terveyteen. Ihminen viettää jopa 90 % ajastaan sisätiloissa ja hengittää vuorokauden aikana lähes 15 000 litraa ilmaa. Ihminen on siis lähes jatkuvasti tekemisissä sisäilman kanssa. Huono sisäilma laskee työtehoa ja asumisviihtyvyyttä, mutta se voi aiheuttaa myös terveyshaittoja. Huono sisäilma on tunkkaista ja mikrobipitoista ja se voi sisältää myös silmin nähtävää epäpuhtautta. Hyvä sisäilma on hajutonta, mautonta ja pölytöntä. Periaatteena voi pitää ajatusta, että sisäilma on hyvää silloin, kun sen olemassa oloa ei edes havaitse. (1, s. 3.)

Omakotitalon sisäilman laatu koostuu monesta eri tekijästä (kuva 1). Suurin osa näistä tekijöistä on riippuvaisia talon rakenteista ja niiden sisältämistä tekniikoista. Tekniikan huolellinen rakentaminen on kannattavaa, koska valmiin omakotitalon tekniikan korjaaminen jälkeenpäin on työlästä. Tekniikan toimivuudella ja turvallisuudella on suuri merkitys talon asukkaisiin, talon terveelliseen sisäilmaan ja koko rakennuksen elinikään. (2, s. 3.)



KUVA 1. Rakennuksen sisäilmaan vaikuttavat tekijät

Sisäilman lämpötilalla, kosteudella ja ilmanvaihdon tehokkuudella on voimakas riippuvuus epäpuhtauksien pitoisuuteen. Joidenkin rakennusmateriaalien on havaittu luovuttavan kemiallisia päästöjä sisäilmaan huomattavasti enemmän olosuhteiden ollessa tietyntylaiset. Epäpuhtauksien kannalta suotuisimmat olot ovat kostea ilma, korkea lämpötila ja huono ilmanvaihto. Epäpuhtaalta ilmalta voi välttyä yksinkertaisesti sillä, että poistaa edellä mainitut ongelmat. Ihmiset kokevat yksilötasolla sisäilmaston eri tavalla ja sen terveydelliset vaikutukset vaihtelevat tapauskohtaisesti. Pahimmassa tapauksessa sisäilmaongelmat voivat aiheuttaa ihmiselle hengitystieoireita koko loppuelämäksi. (2, s. 9; 3, s. 2.)

2.1 Lämpötila

Rakennusten ja sen eri huoneiden lämpötilojen hallinta on tärkeimpiä tehtäviä sisäilmasuunnittelussa. Suunnittelussa tulee olla huolellinen, jos eri huoneisiin tarvitaan eri suuruinen lämpötila. Lämpötilojen pitäminen eri suuruksina on haastavaa. Ihmisen muodostama käsitys kokemastaan lämpöaistimuksesta on monen eri tekijän summa. Lämpöaistimukseen vaikuttavat huoneilman lämpötila, virtausnopeus ja ilman kosteus. Aistimukseen vaikuttavat myös ihmisen kehon oma lämmöntuotto, vaatetus sekä ihmisen toiminnan muoto. (2, s. 9; 3, s. 3.)

Oikein säädetty lämpötila ei aiheuta ihmiselle terveyshaittoja ja asumisviihtyvyys on korkealla tasolla. Myös talon rakenteet pysyvät kunnossa eikä niihin pääse haitallista kosteutta. Väärä huoneilman lämpötila on haitaksi sekä ihmiselle että myös talon rakenteille. Liian korkea huoneilman lämpötila laskee ihmisen suorituskykyä sekä lisää ilman suhteellista kosteutta ja ilman tunkkaisuutta. Liian matala lämpötila altistaa ihmisen sairastumisille ja laskee myös asumisviihtyvyyttä. Huoneilman lämpötila täytyy valita huoneen käyttötarkoituksen perusteella. Esimerkiksi lämpimissä pesutiloissa asumisviihtyvyys on korkeampi kuin kylmissä. (2, s. 9-10.)

Lämpötilaan vaikuttaa myös rakennuksen rakenteiden kunto. Vaikka huoneen lämpötila olisi säädetty oikein mutta rakennuksen rakenteet ovat heikossa kunnossa, voi ihmisen kokema viihtyvyyslämpötila olla liian korkea tai matala. Yksi

keskeisimpiä tekijöitä huoneilman lämpötilan hallinnassa ovat ikkunat ja niiden suojaustavat ulkoisilta lämpökuormilta. Ikkunoiden heikosti tehdyt liittymät ovat keskeisimpiä vuotokohtia ja vaikuttavat näin ollen huoneilman lämpötilaan oleellisesti. Ikkunoiden osuus rakennuksen kaikkien rakenneosien lämpöhäviöistä on jopa yli 20 %. Ikkunoiden tyypillä, varjostinrakenteilla sekä ikkunoiden liittymien huolellisella rakentamisella voidaan vaikuttaa lämpöhäviöiden suuruuteen. (3, s. 3; 4, s. 4.)

Huoneilman lämpötilan tulisi olla oikea ympäri vuoden. Talvella huonelämpötilan on oltava alhaisempi, koska silloin oletetaan sisävaatetuksen olevan paksumpi. Kesäisin ongelmana on huoneiden lämpötilojen liiallinen nousu ulkoisten lämpökuormien johdosta. Silloin rakennuksiin tarvitaan erillisiä jäähdytysmenetelmiä, koska sisäilman lämpötilaa ei voida pitää vakaana ulkoilman avulla. Yleisin jäähdytysmenetelmä on koneellinen jäähdytys. (3, s. 3.)

Jo muutaman asteen muutos sisäilmalämpötilassa muuttaa tyytyväisten käyttäjien prosenttiosuutta. 80 % toimistorakennuksen käyttäjistä on tyytyväisiä huonelämpötilaan lämmityskautena, kun se on 22 °C. Tyytyväisten osuus laskee alle 50 %:iin, kun huonelämpötila muuttuu 2 °C kylmempään tai lämpimämpään. Kun taas huonekohtaisen lämpötilan poikkeaminen 22 °C:sta ei aiheuta muutosta tyytyväisten osuuteen. Jos jokin tietty huone halutaan pitää eri lämpötilassa kuin muut ympäröivät tilat, vaatii se suurempaa tehoa lämmitys- ja jäähdytyslaitteilta. (3, s. 4.)

Huoneilman lämpötila mitataan mistä tahansa oleskeluvyöhykkeeltä 1,1 m:n korkeudelta. Oleskeluvyöhyke on tutkittavan huoneen osa, joka rajoittuu lattian alapintaan, 1,8 m lattian pinnasta olevaan korkeuteen ja 0,6 m huoneen seinistä olevaan etäisyyteen. Lämpötilojen toimenpiderajat on annettu asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa (taulukko 1). Huoneilman lämpötila yltää hyvälle tasolle, kun se on 21 °C. Se on samalla huonelämpötilan suunnitteluarvo. Huoneilman lämpötila ei saa olla lämmityskaudella yli 26 °C. Tuoreimpaan asumisterveysasetukseen on lisätty kohta, jossa kerrotaan, että lämpötila ei saa nousta asunnoissa tai oppilaitoksissa yli + 32 °C:seen lämmityskauden ulkopuolella. Vanhainkodeissa ja muissa vastaavissa tiloissa raja on +30 °C. (5, s. 14.)

TAULUKKO 1. Lämpötilojen toimenpiderajat asunnoissa sekä muissa tiloissa
(5, s. 12)

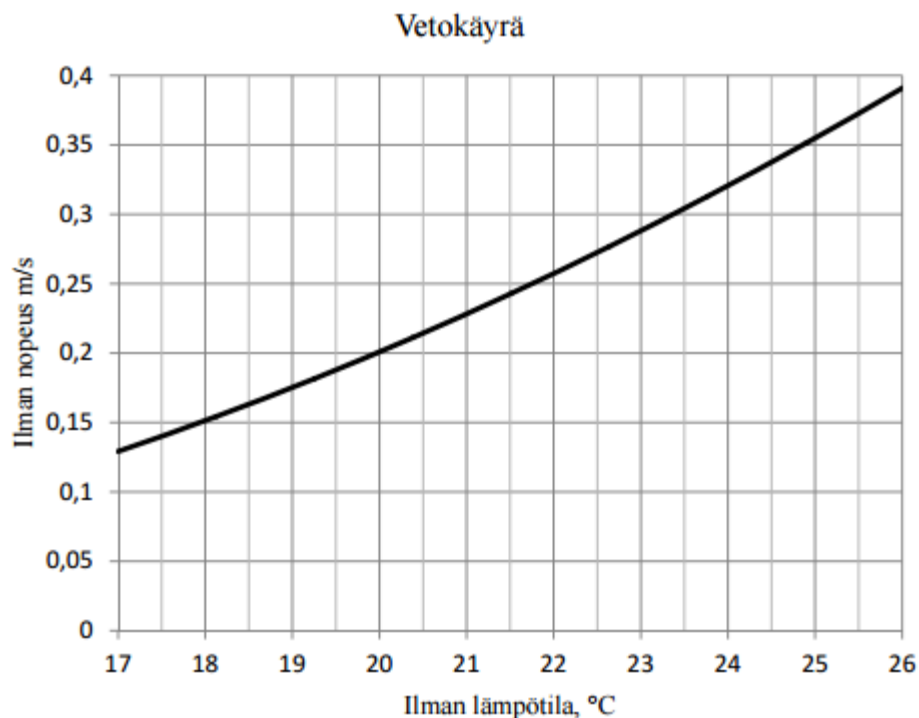
	<i>Lämpötilojen toimenpiderajat</i>
<i>Asunnossa</i>	
Huoneilman lämpötila lämmityskaudella	+ 18 °C – + 26 °C
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella	+ 18 °C – + 32 °C
Seinäpinnan alin keskiarvolämpötila	+ 16 °C
Lattiapinnan alin keskiarvolämpötila	+ 18 °C
Alin pistemäinen pintalämpötila	+ 11 °C
<i>Palvelutaloissa, vanhainkodeissa, lasten päivähoitopaikoissa, oppilaitoksissa ja vastaavissa tiloissa</i>	
Huoneilman lämpötila lämmityskaudella	+ 20 °C – + 26 °C
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella lasten päivähoitopaikat, oppilaitokset ja muut vastaavat tilat	+ 20 °C – + 32 °C
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella, palvelutalot, vanhainkodit ja muut vastaavat tilat	+ 20 °C – + 30 °C
Seinäpinnan alin keskiarvolämpötila	+ 16 °C
Lattiapinnan alin keskiarvolämpötila	+ 19 °C
Alin pistemäinen pintalämpötila	+ 11 °C

2.2 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon tarkoitus on pitää rakennuksen sisäilma miellyttävänä ja vapaana epäpuhtauksista. Ilmanvaihto poistaa sisäilmasta myös ylimääräistä kosteutta ja liiallista lämpöä. Oikein toimiessaan ilmanvaihto edesauttaa myös rakennuksen rakenteiden kuivana pysymistä, koska se tuulettaa niitä ja poistaa homeille suotuisat kasvuolosuhteet. Yleisimmin ilmanvaihto on suunniteltu siten, että puhdas tuloilma johdetaan asuntojen puhtaampiin tiloihin, kuten makuuhuoneisiin. Poistoilma johdetaan asunnosta pois likaisten tilojen kautta, kuten vessan tai pesuhuoneen kautta. (6, s. 1.)

Ihminen itsessään tuottaa huoneilmaan epäpuhtauksia sekä myös hiilidioksidia. Sisäilman hiilidioksidipitoisuuksille on asetettu rajat terveydensuojalaissa. Jos hiilidioksidipitoisuus on yli $2\,700\text{ mg/m}^3$ ($1\,500\text{ ppm}$), sisäilma ei täytä terveydensuojalain vaatimuksia. Hiilidioksidipitoisuuden olleessa $1\,200\text{ ppm}$ sisäilma voi tuntua jo tunkkaiselta, vaikka se täyttää vielä terveydensuojalain vaatimukset. Jotta hiilidioksidipitoisuudet pysyisivät alle $1\,500\text{ ppm}$, ilmanvaihdon mitoitusarvon tulisi olla noin 4 l/s . Rakennuksissa on silti muitakin lähteitä kuin ihmiset, jotka lisäävät epäpuhtauksien määrää sisäilmassa. Tästä johtuen ilmanvaihdon mitoitusarvon tulisi olla $8\text{--}10\text{ l/s}$ per henkilö. Ilmanvaihdon mitoitus pohjautuu epäpuhtauslähteiden määrään. Mitä enemmän huoneessa on epäpuhtauslähteitä, sitä suurempi tulee ilmanvaihdon olla. Ilmanvaihdon suuruus määräytyy suurimman epäpuhtautekijän poistamiseen vaadittavan puhtaan ilman määrään. (2, s. 22; 3, s. 9.)

Ilman virtausnopeudelle on myös vaatimuksia sisäilman lämpötilan suhteen (kuva 2). Mitä korkeampi sisäilman lämpötila on, sitä suurempi täytyy virtausnopeuden olla. Virtausnopeudelle on myös asetettu enimmäismäärä, jota se ei saa ylittää. Liian alhainen virtausnopeus aiheuttaa lämpimillä kesäkeleillä tunkkaisuutta ja liiallista kuumuutta sisäilmaan. (5, s. 13.)



KUVA 2. Sisäilman virtausnopeuden maksimiarvo eri lämpötiloissa (5, s. 13)

Väärin suunniteltu ilmanvaihto voi aiheuttaa asunnon käyttäjille terveyshaittoja. Riittämätön ilmanvaihto on yleistä vanhanaikaisissa rakennuksissa, joissa on painovoimainen ilmanvaihto. Nykyaikaisissa rakennuksissa käytetään yleensä koneellista ilmanvaihtoa, mutta väärin säädettynä ilmanvaihto voi olla silti riittämätön. Riittämätön ilmanvaihto nostaa sisäilman hiilidioksidipitoisuutta ja aiheuttaa näin hapen puutteen. Tästä johtuen sisäilma tuntuu tunkkaiselta ja asunnon käyttäjät voivat alkaa tuntea päänsärkyä ja väsymystä. Toisaalta liian tehokas ilmanvaihto aiheuttaa vedon tunnetta ja voi kuljettaa epäpuhtauksia asuntoon rakennuksen muista tiloista. (2, s. 21; 6, s. 1.)

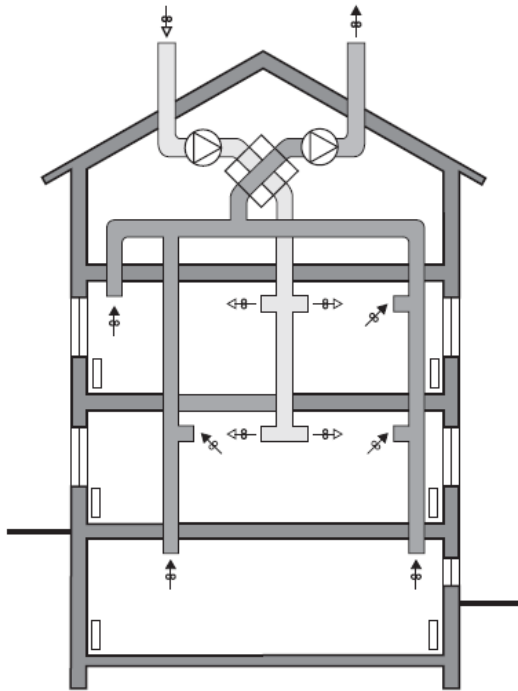
Ilmanvaihtojärjestelmän mitoituksen ohjearvot on laadittu Suomen rakennusmääräyskokoelmassa ja niitä noudattamalla rakennuksille saadaan terveelliset ja turvalliset sisäilmat paikkakunnasta riippumatta. Ilmanvaihdon jaksottainen käyttäminen ei ole suositeltavaa, koska se on terveydelle vaarallista. Ilmanvaihdon ollessa pois päältä, kanavissa kosteus- ja epäpuhtauspitoisuudet nousevat ja seurauksena voi olla jopa mikrobikasvustoa. Kun ilmanvaihto laitetaan jälleen päälle, nämä epäpuhtaudet siirtyvät suoraan sisäilmaan. Jos rakennuksessa ei ole käyttäjiä, ilmanvaihtoa voidaan säätää pienemmälle, mutta sitä ei suositella sammutettavaksi. (3, s. 9; 6, s. 1.)

Vanhoissa rakennuksissa on käytetty painovoimaista ilmanvaihtojärjestelmää, johon ei tarvita erillistä IV-konetta. Uusissa asuinrakennuksessa ilmanvaihto tapahtuu koneellisesti. Lisäksi tänä päivänä uudisrakennuksissa vaaditaan jokaiseen huoneeseen erillinen tuuletusikkuna. Ilmanvaihtojärjestelmät voidaan jakaa kahteen eri malliin, joka riippuu asuinrakennuksen mallista. Pientaloissa yleensä käytetään huoneistokohtaista tulo- ja poistoilmanvaihtoa ja kerrostaloissa keskitettyä tulo- ja poistoilmanvaihtoa. (6, s. 1; 7, s. 6.)

2.2.1 Huoneistokohtainen tulo- ja poistoilmanvaihto

Huoneistokohtaisen tulo- ja poistoilmanvaihdon konehuone sijoitetaan tilaan, joka ei ole oleskelutila, kuten varastoon, tekniseen tilaan tai vaatehuoneeseen.

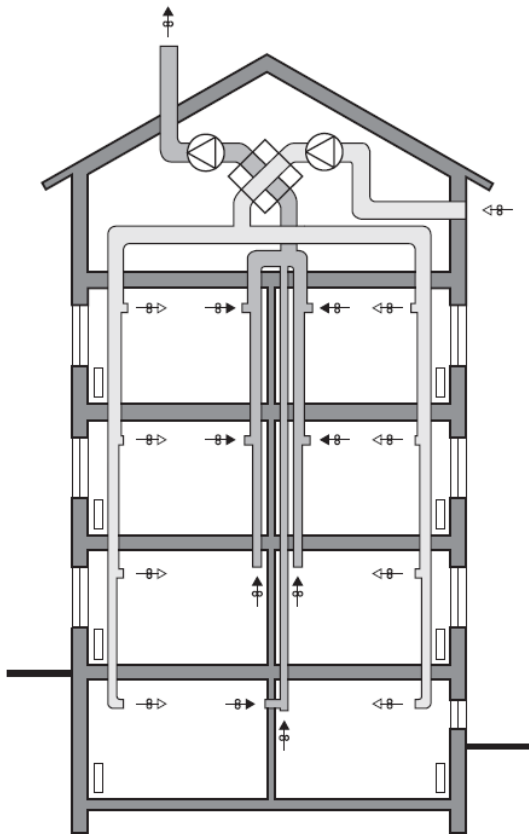
Peseytymis- ja keittiötiloista poistoilma tulee johtaa vesikaton yläpuolelle ja tuloilma on saatava oleskelutiloihin (kuva 3).



KUVA 3. Huoneistokohtainen tulo- ja poistoilmanvaihto

2.2.2 Keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihto

Keskitetyn tulo- ja poistoilmavaihdon konehuone sijoitetaan asuinrakennusten yläpuolelle. Koneellisessa ilmanvaihdossa tuloilma suodatetaan, lämmitetään ja jäähdytetään uudelleen käyttöön keskitetysti (kuva 4).



KUVA 4. Keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihto

2.3 Painesuhteet

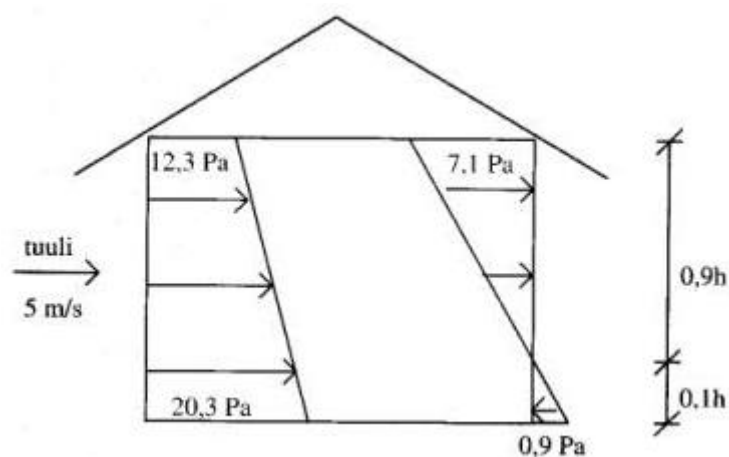
Rakennuksen painesuhteet muodostuvat pääosin kolmesta eri tekijästä. Suurin tekijä on ilmanvaihto, jonka vaikutusta rakennuksen käyttäjä voi itse säädellä. Toinen tekijä on rakennuksen sisä- ja ulkopuolisen ilman lämpötilaero, joka tunnetaan myös savupiippuvaikutuksena. Kolmas tekijä on tuuli, jonka vaikutus painesuhteeseen vaihtelee voimakkaasti. Muita tekijöitä ovat rakennuksen tiiveys ja korkeus. (8, s. 1; 9, s. 69.)

Ilmanvaihtojärjestelmän tyyppi ja sen säädöt ovat tekijät, jotka vaikuttavat ilmanvaihdon osalta rakennuksen painesuhteisiin. Vanhanaikainen painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä ei aiheuta rakennukseen merkittävää paine-eroa. Ongelmallisin tilanne on se, kun rakennuksessa käytetään koneellista poistoilmanvaihtoa, mutta korvausilmareittejä ei ole suunniteltu tarpeeksi. Sen seurauksena korvausilmaa vuotaa rakennuksen sisälle myös rakenteiden tai liittymien vuoto-

kohdista. Näiden vuotojen mukana voi sisäilmaan tulla esimerkiksi mikrobiperäisiä hajuja alapohjarakenteen kautta tai mahdollisten kosteusvaurioituneiden seinärakenteiden kautta mikrobien saastuttamaa ilmaa. Rakennuksessa, jossa on koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä, painesuhde muovautuu järjestelmän säädöistä sekä tulo- ja poistoilmaventtiilien sijainnista ja lukumäärästä. (8, s. 1.)

Sisä- ja ulkoilman lämpötilaeron vaikutus rakennuksen painesuhteisiin riippuu pääosin ulkoilman kylmyydestä verrattuna sisäilmaan. Kun sisä- ja ulkoilman lämpötilat ovat erisuuruiset, ne aiheuttavat myös niiden tiheyksien välille eroavaisuuden. Kun ulkoilma on huomattavasti kylmempää kuin sisäilma, muodostuu rakennuksen yläosaan ylipaine ja alaosaan alipaine. Tämän seurauksena voi yläpohjarakenteiden vuotokohdista päästä ilmavirtauksia ulospäin, ja alapohjarakenteiden vuotokohdista ilmavirtauksia voi päästä sisään. (8, s. 1.)

Tuuli on kolmas tekijä, joka vaikuttaa rakennuksen painesuhteisiin. Sen vaikutus painesuhteisiin vaihtelee yhtä paljon kuin sisä- ja ulkoilman lämpötilaero, koska molempien suuruus muuttuu jatkuvasti. Tuulen voimakkuudesta riippumatta se aiheuttaa silti aina jonkinlaisen paineen tuulenpuoleiselle seinälle. Tuulenpuoleiselle sivulle muodostuu alipaine rakennuksen sisäpuolelle ja tästä johtuen ilma virtaa seinän vuotokohdista rakennuksen sisälle. Rakennuksen vastakkaiselle sivulle muodostuu ylipaine, jolloin ilma virtaa rakenteen vuotokohdista ulos (kuva 5). (9, s. 71.)



KUVA 5. Tuulen, ilmanvaihdon sekä sisä- ja ulkoilman lämpötilaerojen aiheuttamat painejakaumat rakennuksen vastakkaisiin seiniin

Rakennukset ja niiden ilmanvaihdot tulisi suunnitella siten, että ne ovat ulkoilmaan nähden hieman alipaineisia. Alipaineen määrä ei kuitenkaan saa ylittää lukemaa 5 Pa. Alipaineisen rakennuksen rakenteet eivät altistu niin voimakkaasti kosteusvaurioille ja näin ollen mikrobien aiheuttamat terveyshaitat alenevat. Jos rakennus on ylipaineinen, kostea sisäilma lähtee kulkeutumaan talon rakenteiden vuotokohdista ulkoilmaan päin eli tapahtuu ns. kosteuskonvektiota. Kun seinärakenteessa tulee vastaan kylmiä pintoja, kostea sisäilma tiivistyy niihin ja aiheuttaa näin riskin kosteusvauriolle. Alipaineinen rakennus pitää kostean sisäilman rakennuksen sisäpuolella, jolloin edellä mainittu riski ei ole mahdollinen. Toisaalta jos rakennus on liian alipaineinen, se imee rakenteissa olevat epäpuhtaudet suoraan sisäilmaan. (9, s. 74.)

Rakennuksen tiiveydellä on myös oleellinen vaikutus painesuhteisiin ja siihen, missä osassa rakennusta on ylipainetta tai alipainetta. Tiiveys vaikuttaa myös rakennuksen kokonaispainesuhteeseen, mutta ennen kaikkea siihen, miten paineet jakautuvat rakennuksen sisäpuolella. Esimerkiksi jos rakennuksen yläpohja ja sen liittymät ovat heikot, virtaa sisäilma sieltä ulospäin ja muodostaa rakennuksen alaosiin alipainetta. Sisä- ja ulkoilman lämpötilaerot vaikuttavat myös rakennuksen painesuhteisiin. Tämä johtuu siitä, että eri lämpötilassa olevilla ilmamassoilla on myös eri tiheys. Sisälämpötilan ollessa korkeampi kuin ulkolämpötila muodostuu rakennuksen alaosiin alipaine ja yläosiin ylipaine (kuva 6). (10, s. 12-13.)



KUVA 6. Rakennuksen painesuhteet, kun sisälämpötila on korkeampi kuin ulkolämpötila

3 KOSTEUDENHALLINTA

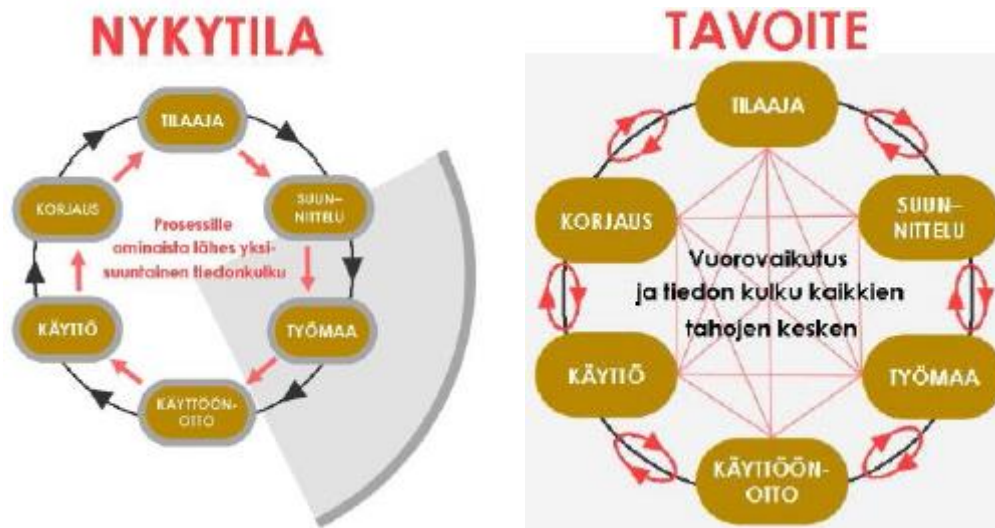
Kosteudenhallinta ovat yksi nykyrakentamisen keskeisimmistä ongelmakohdista, koska rakennusajat tiukkenevat kokoajan. Samalla kun rakennukset rakennetaan nopeammin, pitäisi kosteudenhallinnan onnistua yhä paremmin. Aikataulujen tiukentuessa työmaalla ei aina ole tarpeeksi aikaa suorittaa töitään laadukkaasti tai kosteudenhallinnan asiat hyvin huomioonottaen. Kun aikataulut kiristyvät mahdottomiksi, ei töitä yksinkertaisesti voida suorittaa vaadittujen laatukriteerien mukaisesti. Uudisrakentamisen alalla osaamista on valtavasti, mutta turha kiire tai välinpitämätön rakentaminen voi pilata rakentamisen hyvän laadun. Huono kosteudenhallinta on riski talon rakenteille ja näin ollen myös ihmisen terveydelle. Rakennusten kosteusvaurioiden korjaaminen maksaa Suomelle noin 9 miljardia euroa vuodessa. Rakennuksen kosteusvaurioilla on myös suora yhteys talon sisäilman laatuun. (11, s. 2-4.)

3.1 Kuivaketju10

Oulun kaupungin rakennusvalvontavirasto aloitti työmaiden kosteudenhallinnan kehitystyön jo 15 vuotta sitten. Silloin laadittiin kosteudenhallintaan ohjeet ja mallirunko. Lisäksi koulutettiin satoja osaavia ammattilaisia alalle. Vuonna 2015 Oulussa aloitettiin toimintamallin Kuivaketju10 kehitys, joka on samalla yhteinen toimintamalli koko Suomen rakennusosalalle. Toimintamallin keskeisin pääteesi on puuttua kymmeneen keskeisimpään kosteudenhallinnan riskiin koko rakennushankkeen aikana. Näiden kymmenen keskeisimmän kosteusriskin oikeanlainen hallitseminen vähentää myöhempiä kosteusvaurioiden kustannuksia jopa 80 %. Ketjun jokainen osa-alue keskittyy yhteen tiettyyn kosteusriskiin, ja lopussa ketjun heikoin lenkki määrittää sen, mikä on rakennuksen laatutaso. Rakentamisen jälkeen onnistumiset todennetaan ja dokumentoidaan, jotta saadaa jotain konkreettista tietoa myös ylös. (12, s. 2.)

Kuivaketju10:n tavoitteena on myös parantaa tiedonkulkua kaikkien osapuolten välillä rakennushankkeen aikana (kuva 7). Näin kaikki osapuolet ovat jatkuvasti

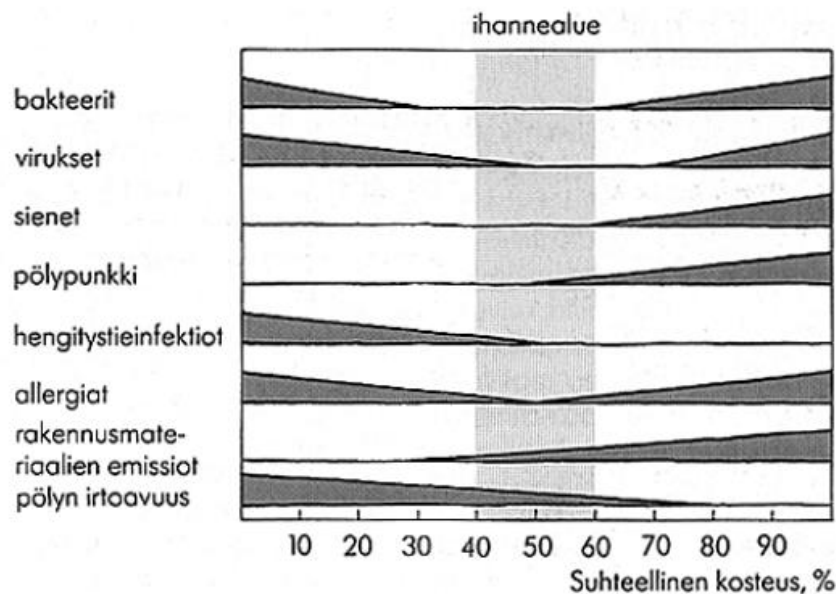
tietoisia työmaan tilanteesta ja siellä tehdyistä ratkaisuksista. Paitsi että tiedonkulkukulku kulkee vain eteenpäin ketjun osa-alueelta seuraavalle, se voi myös kulkea taaksepäin tai tarvittaessa myös ristiin osa-alueelta toiselle. (12, s. 4.)



KUVA 7. Rakennushankkeen tiedonkulun nykytilanne ja tavoite (12, s. 4)

3.2 Kosteus huoneilmassa

Huoneilman kosteudella tarkoitetaan huoneilman sisältämän vesihöyryn määrää. Liian suuri huoneilman kosteus aiheuttaa talon rakenteille ja laitteille suotuisat olosuhteet mikrobikasvustolle (kuva 8). Korkea huoneilman kosteus ei ole ainoa tekijä mikrobikasvustolle, mutta tämäkin riski on hyvä poistaa. Toisaalta huoneilman kosteus ei saisi olla liian kuivakaan, koska kuiva ilma voi aiheuttaa talon käyttäjälle terveyshaittoja, joita voivat olla esimerkiksi limakalvojen kuivuminen ja muut ärsytysoireilut. (12, s. 10-11.)



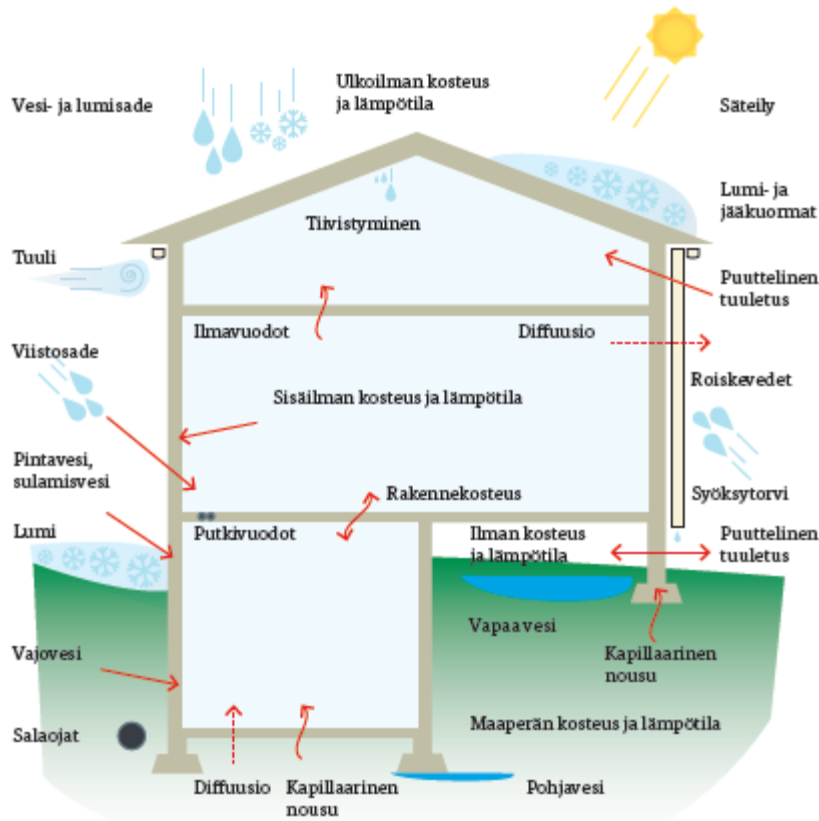
KUVA 8. Huoneilman kosteuden vaikutuksia talon käyttäjään. Viivan paksuus on suoraan verrannollinen riskin todennäköisyyteen (3, s. 6)

Huoneilman suhteelliseen kosteuden tulisi olla keskimäärin 40 - 60 %. Suhteellinen kosteus eli RH ilmoittaa prosenttilukuna, paljonko ilman sisältämä kosteus on sen kyllästyskosteudesta. Suomessa ulkoilman suhteellinen kosteus on talvisin hyvin alhainen. Tämä laskee myös rakennuksien sisäilman suhteellista kosteutta ja kasvattaa terveyshaittojen riskiä. (12, s. 10-11.)

3.3 Kosteuspitoisuus rakenteissa

Omakotitalon rakenteita rasittavat monenlaiset kosteuslähteet ympäri vuoden (kuva 9). Kosteuslähteitä on sekä rakennuksen sisäpuolella että myös ulkopuolella. Myös maaperästä löytyy kosteuslähteitä, jotka rasittavat talon rakenteita. Useampaan kosteuslähteeseen voi omakotitalon käyttäjä vaikuttaa itse omalla toiminnallaan. Tasainen huoltaminen ja rakenteiden puhtaana pito vähentää olennaisesti mahdollisen kosteusvaurion riskiä. Esimerkiksi rännien ja vesikaton

läpivientien puhtaana pitäminen vähentää kosteusvaurion syntymisen riskiä vesikataton alueelle. (1, s. 5; 12, s. 20.)



KUVA 9. Omakotitaloa rasittavat kosteuslähteet

Rakennuksen hyvän sisäilman ja rakenteiden hyvän kunnon perustana on rakennuksen kunnon jatkuva tarkkailu. Silmämääräisesti voi jo huomata poikkeamia, joita tulee tarkastella myös lähempää. Esimerkiksi pintojen kupruilut tai sisäilman poikkeavat hajut ovat merkkejä mahdollisista alkavista vaurioista. Mitä aikaisemmin ongelmaan puututaan, sitä helpompaa sen korjaaminen on. (1, s. 5; 12, s. 20.)

Vaikka rakennus olisi rakennettu huolellisesti, mutta käyttöönoton jälkeen sen ylläpito hoidetaan huonosti, voi sen kunto rapistua nopeasti. Rakennukselle tulisi laatia pitkän tähtäimen kunnossapitosuunnitelma eli PTS, joka pohjautuu hallittuun rakennuksen ylläpitoon, huoltoon sekä säännöllisiin kuntoarvioihin sekä kuntotutkimuksiin. Suunnitelman avulla käyttäjä osaa varautua mahdolli-

siin remontteihin, jotka ovat tulevaisuudessa tulossa ajankohtaisiksi. Rakennukselle tulisi laatia myös huoltokirja, jossa näkyvät säännölliset huoltotoimenpiteet. Näin ennaltaehkäistään tehokkaasti vahinkojen syntyminen. (12, s. 20.)

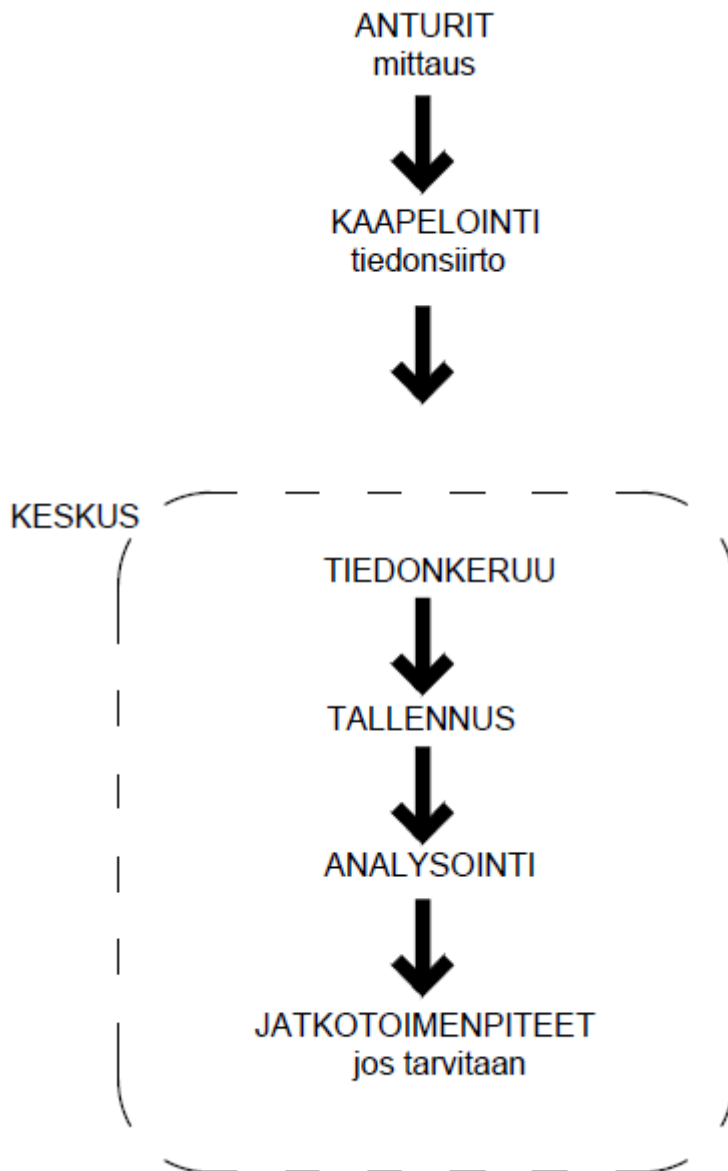
Kosteuspitoisuuksien korkea taso valmiin talon rakenteissa voi olla peräisin jo rakennusajalta. Jos rakennusta ei sen rakennusvaiheessa suojata ulkopuoliselta kosteudelta eri työvaiheissa, voi se ilmetä tulevaisuudessa kosteusvaurioina. Rakennusajan keskeisimpiä kosteudenhallinnan toimenpiteitä ovat rakennusmateriaalien kuivana pitäminen ennen niiden käyttöönottoa sekä kesken-eräisten rakenteiden hyvä suojaaminen ulkopuoliselta kosteudelta. Kosteusvauriot vaikuttavat suoraan rakennuksen käyttöikään ja sisäilman laatuun. On mahdollista, että vain muutaman vuoden ikäisiä uudisrakennuksia joudutaan korjaamaan kosteusvaurioiden takia, koska asukkaat saavat oireita huonon sisäilman takia. (12, s. 15.)

4 MITTAUSJÄRJESTELMÄ

Opinnäytetyössä tutkittiin, mitkä ovat talon rakenteiden ja hyvän sisäilman laadun kannalta tärkeimmät asiat, joita kannattaa mitata ja seurata. Mittaustulosten perusteella käyttäjä voi reagoida mittausten laatujen muutoksiin ajoissa, eikä sisäilma ehdi täyttyä epäpuhtauksista. Näin myös talon rakenteet pysyvät terveenä. Lisäksi rakenteista etsittiin ne kriittisimmät kohdat, joista eri pitoisuudet on kannattavinta mitata. Näiden mittauspisteiden pohjalta luotiin suunnitelma järjestelmästä, joka ennalta ehkäisee kosteusvaurioiden synnyn ja auttaa pitämään kiinteistöt terveinä. Järjestelmä suunniteltiin kuvitteelliseen Oulussa sijaitsevaan, yksikerroksiseen omakotitaloon. Järjestelmä on kuitenkin mahdollista asentaa myös kaikkiin muihin omakotitaloihin koko Suomen alueella.

Järjestelmän suunniteltiin mittaavan viittä erilaista sisäilman laatutekijää. Ne ovat kosteusmittaus, lämpötilamittaus, hiilidioksidipitoisuuden mittaus, älykäs vedenmittaus sekä vaipan paine-eron mittaus. Tämän lisäksi järjestelmään suunniteltiin huoltovälimuistutin, joka kerää tiedot tehdyistä huolloista ja mahdollisista tulevista huolloista. Järjestelmään suunniteltiin yksi keskus, jonne kaikki mitatut tiedot tuodaan. Tästä keskukselta talon käyttäjä havaitsee tulokset ja voi puuttua mahdollisiin poikkeamiin nopeasti.

Antureiden yhteys keskukselle suunniteltiin samalla tavalla jokaisen mittaustavan kohdalla. Antureilta viedään talon rakenteissa kulkeva kaapelointi keskukselle. Kaapelointi suunniteltiin siten, että se vaikuttaisi mahdollisimman vähän rakenteiden toimivuuteen. Kaapelointia suunniteltaessa todettiin, että se on helppointa viedä keskukselle alaslasketun katon sisällä. Seinärakenteissa kaapelointi viedään sähköjohtojen tapaan, mahdollisesti putkitettuina, keskukselle. Keskus suunniteltiin tallentamaan ja analysoimaan mitatut tiedot ja tekemään tarvittaessa jatkotoimenpiteitä (kuva 10). Jatkotoimenpiteitä voivat esimerkiksi ilmanvaihdon tehon laskeminen tai huonetilan lämpötilan nostaminen.

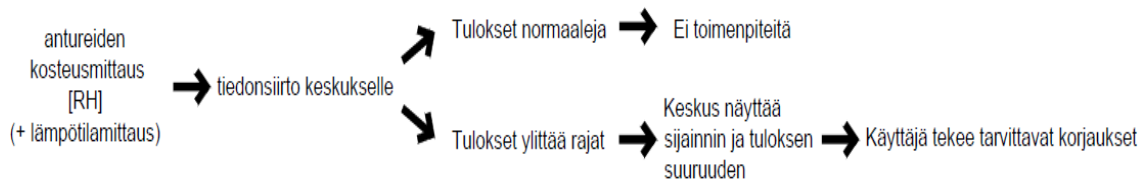


KUVA 10. Anturointijärjestelmän kulku

4.1 Kosteusanturit

Järjestelmän kosteusanturit mittaavat niille asetetun ympäristön suhteellista kosteutta ja viestivät järjestelmälle reaaliajassa tuloksia (kuva 11). Mittauspää on yhdistettynä järjestelmään rakenteiden kautta viedyllä yhdysjohdolla. Tutkimuksen yhteydessä arvioitiin, että tulevaisuudessa yhteys voidaan hoitaa langattomalla etäyhteydellä. Järjestelmään voidaan asettaa rajoitin, joka ilmaisee vaarallisen korkeat suhteelliset kosteudet. Tämän arvioitiin helpottavan käyttäjän mahdollista tulokssien jatkuvaa seuraamista. Järjestelmä poistaa tarpeen ylimääräisiltä ulkopuolisilta kosteusmittauksilta. Kosteusantureiden lukumäärä ja

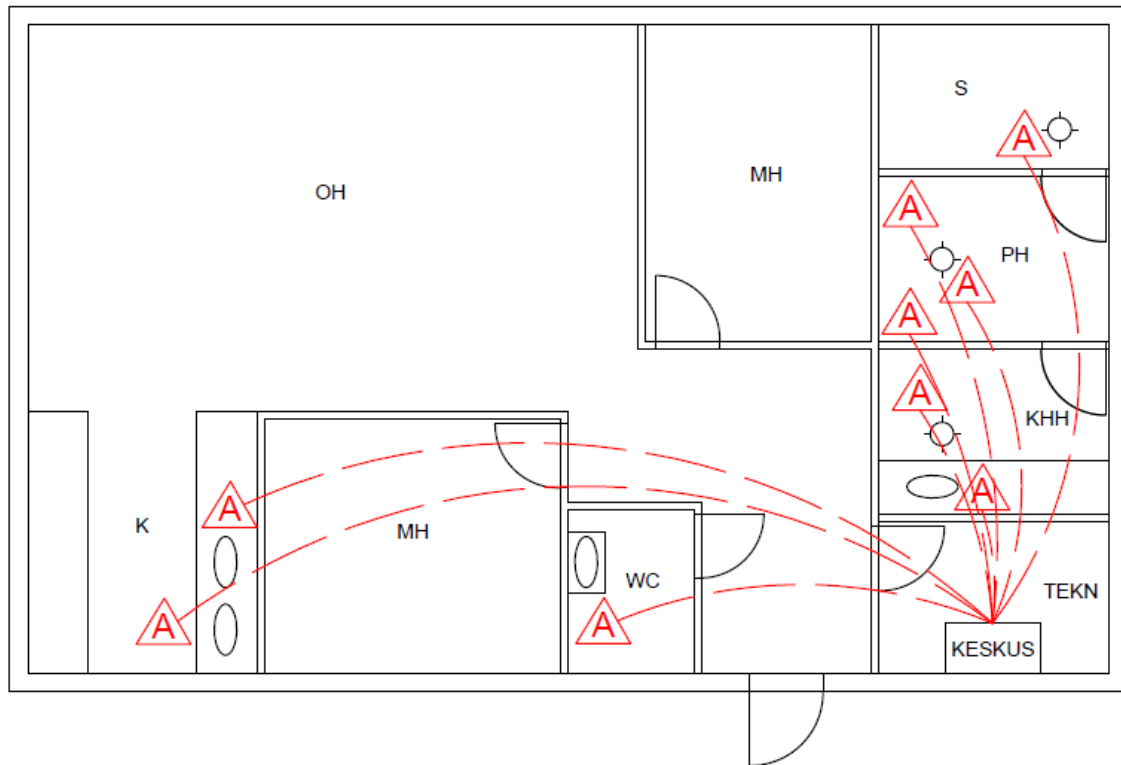
paikat eivät ole ehdottomat, vaan niiden todettiin olevan riippuvaisia rakennuksen tyypistä ja itse tilaajan haluista.



KUVA 11. Kosteusmittausjärjestelmän toiminta

Kosteusantureita suunniteltaessa havaittiin, että kosteuden mittaaminen rakenteissa vaatii yleensä myös samaan pisteeseen lämpötila-anturin. Näin voidaan tarkemmin arvioida myös lämpötilan avulla sitä, ovatko jossain tietyssä paikassa otolliset olosuhteet kosteusvaurioille ja mikrobikasvustoille. Samalla tutkittiin mahdollisuutta yhdistää lämpö- ja kosteusmittaus samoihin pisteisiin ja viedä kaapelointi samaa reittiä pitkin keskukselle. Lämpötila-antureita suunniteltiin myös pelkästään yksittäisinä mittaussyksiköinä.

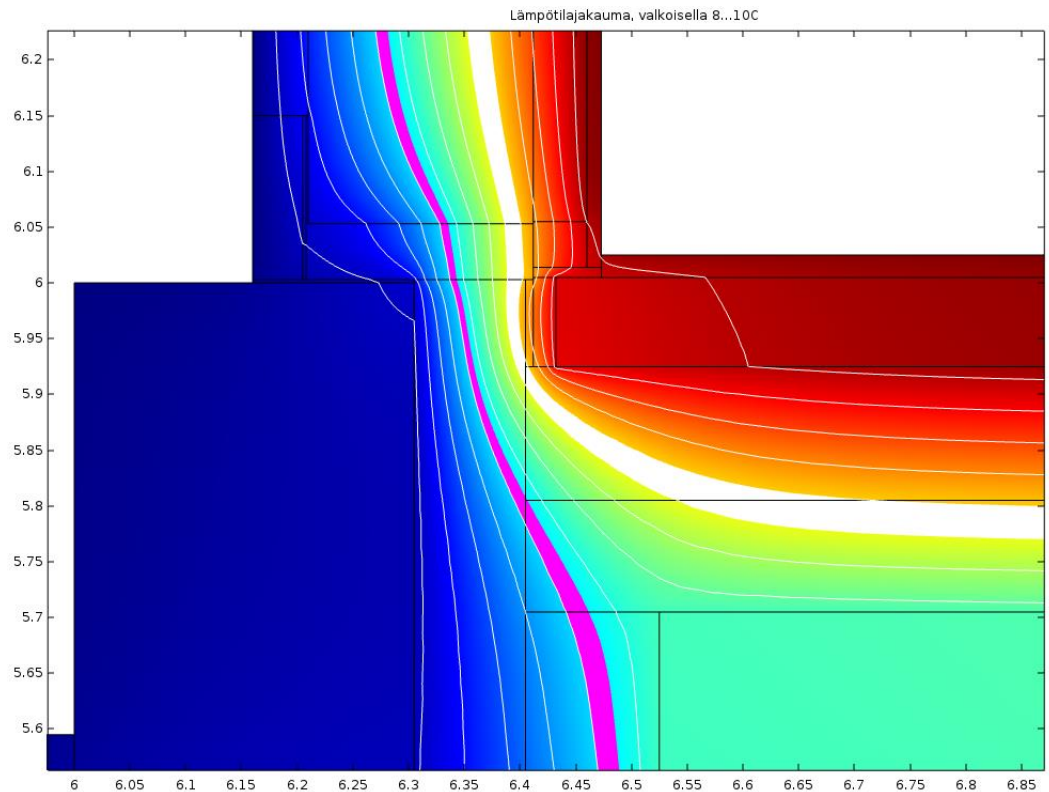
Kosteusantureiden paikat suunniteltiin rakenteissa niihin kohtiin, joissa liiallisen kosteuden syntyminen on todennäköisintä (kuva 12). Vesipisteiden ympäristöt ovat alttiita liialliselle kosteudelle, joten rakennuksen jokaiseen vesipisteeseen suunniteltiin oma kosteusanturi. Keittiön, kodinhoitohuoneen ja wc-tilojen pesu-aldaiden allaskaapit todettiin hyviksi paikoiksi kosteusantureille. Allaskaapeissa syntyvää kosteutta ei jokapäiväisessä käytössä välttämättä huomaa, joten antureiden arvioitiin olevan hyödyllisiä näissä paikoissa. Kosteisiin tiloihin antureita suunniteltiin vesieristeen alapuolelle niihin kohtiin, joista se todennäköisimmin ajan kuluessa vuotaa. Kriittisimpien kohtien arvioitiin olevan lattiakaivon vieressä sekä tilan nurkissa.



KUVA 12. Periaatekuva kosteusanturoiden sijoituspisteistä omakotitalossa

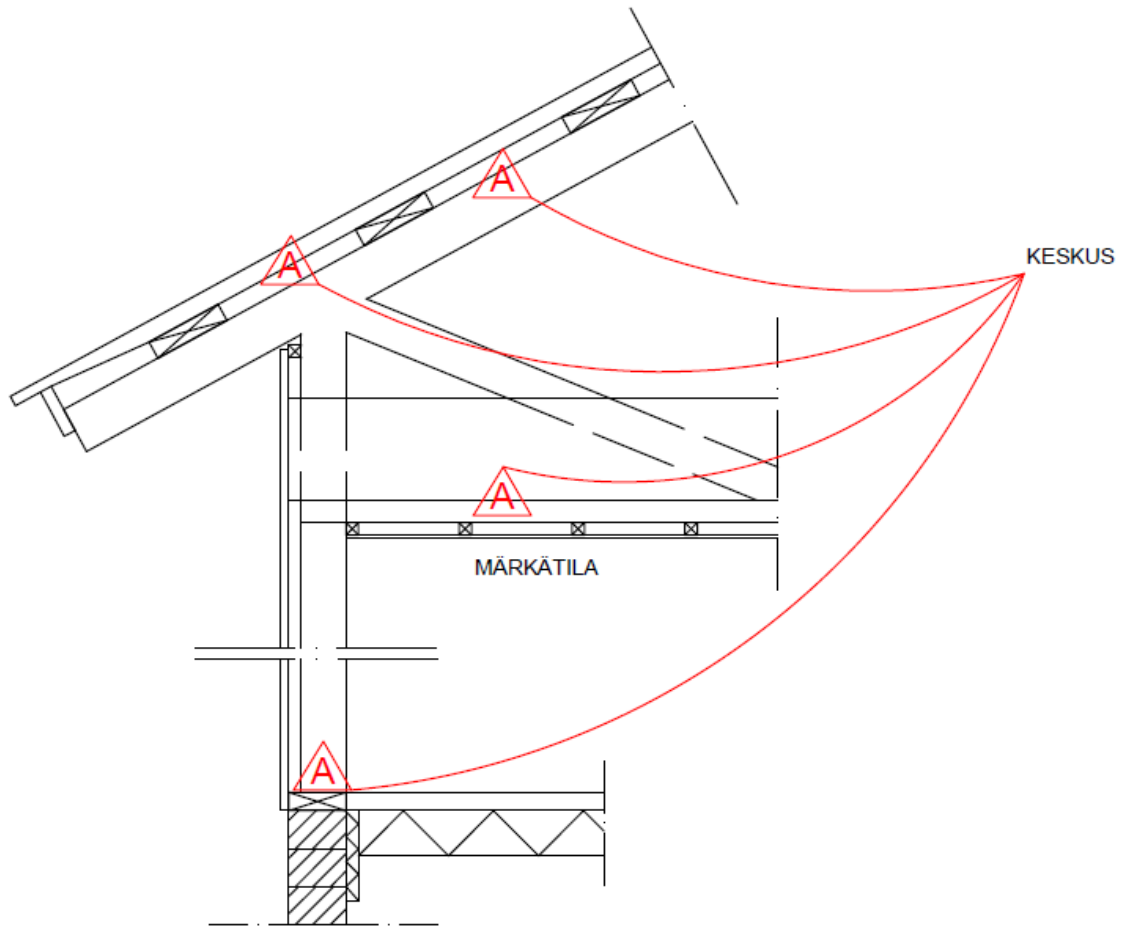
Kosteusantureiden paikkoja suunniteltiin myös muihin talon rakenteisiin. Ala- ja yläpohjan arvioitiin myös olevan kriittisiä paikkoja haitalliselle kosteuden syntymiselle. Alajuoksuun mahdollista kosteutta voi tulla useasta eri paikasta. Näitä paikkoja tutkittaessa todettiin, että maaperästä nouseva kosteus on yksi uhka. Muita kosteusuhkia alapohjassa on vesihöyryn kondensoituminen sekä liian korkeat suhteelliset kosteudet, jotka johtuvat alapohjan lämpö- ja kosteusoloista. Kun suhteellisen kosteuden arvo nousee yli 80 %:iin, alkaa homevaurioiden todennäköisyys olla suuri. Alajuoksun kosteuskäyttäytymistä mallinnettaessa havaittiin, että 80 % suhteellisen kosteuden vyöhyke muodostuu seinärakenteen alajuoksun kohdalle, joten sinne olisi hyödyllistä sijoittaa anturointia.

Vesihöyryn kondensoitumisvyöhyke kulkee lähes samaa reittiä kuin 80 % suhteellisen kosteuden vyöhyke (kuva 13). Kosteusantureita suunniteltaessa todettiin, että tulevaisuudessa alajuoksun yksittäiset anturit voitaisiin korvata mittauskalvolla, joka integroitaisiin alajuoksun ja sokkelin väliin asennettavaan eriste-kaistaleeseen.



KUVA 13. Esimerkkikuva perustusten kosteusriskeistä (valkoisella 80 % suhteellisen kosteuden vyöhyke ja magentalla vesihöyryn kondensoitumisen vyöhyke)

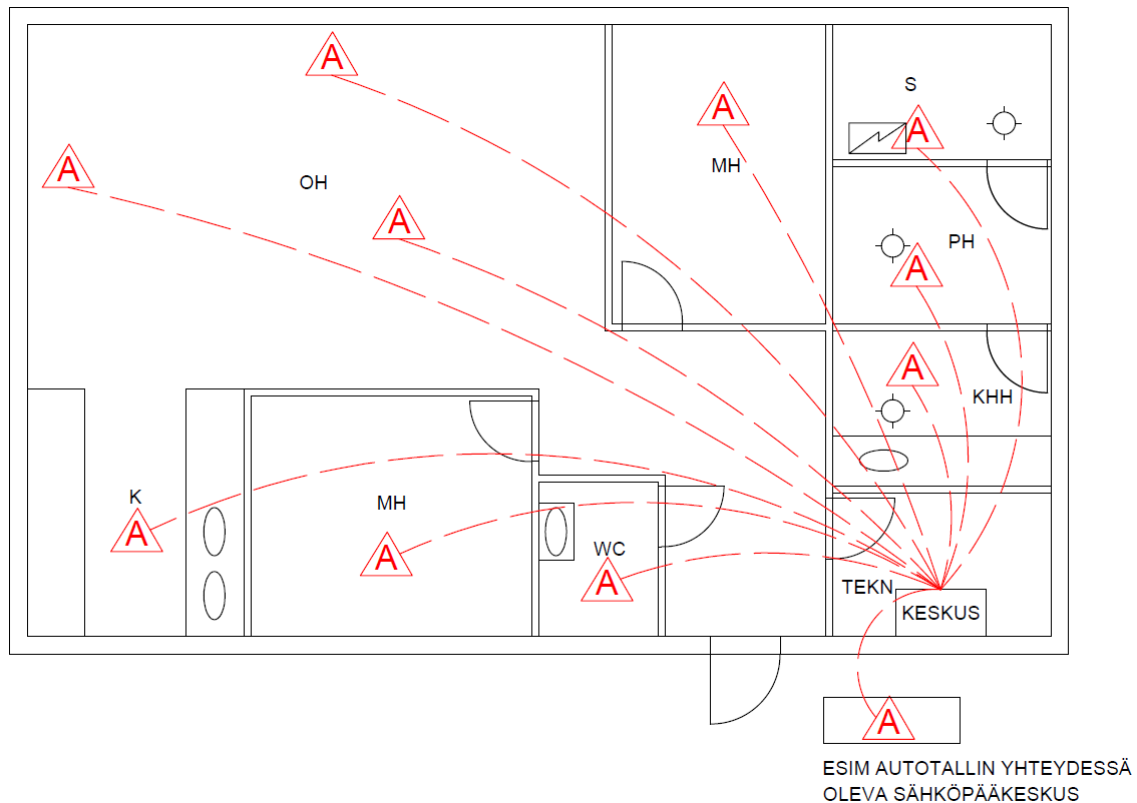
Yläpohjan mahdollisia kosteusongelmia arvioitiin olevan vesihöyryn diffuusio sekä sen kondensoituminen, höyrynsulun heikko kunto tai itse katteen vuotaminen. Yläpohja on paikka, josta kosteuden vuotoa ei aisteilla heti havaita, joten antureiden todettiin olevan välttämättömiä. Yläpohjaan suunniteltiin useampia antureita, jotta saadaan koko yläpohjan alueelta mittaustuloksia. Yläpohja on laaja alue, joten vuodot voivat sijaita monessa eri paikassa. Kriittisimpiä kohtia arvioitiin olevan kosteiden tilojen yläpuoliset tilat, höyrynsulun pinnat sekä katteen alapinnat (kuva 14).



KUVA 14. Kosteusantureiden sijainnit ylä- ja alapohjassa

4.2 Lämpötila-anturit

Lämpötila-antureita suunniteltiin huoneilmaan ja sähkölaitteiden yhteyteen (kuva 15). Myös sähköpääkeskuksen yhteyteen suunniteltiin oma anturi. Anturit paljastavat heti, jos sähkölaitteet ylikuumenevat ja ovat näin aiheuttamassa tulipalovaaran. Antureita sijoitettiin jokaiseen huonetilaan, joista ne mittaavat ilman lämpötilaa. Näin voidaan seurata reaaliajassa lämpötilan vaihteluita. Tällä tavalla huomataan erityisesti talviaikaan, jos lämpötila laskee liian alhaiseksi. Alhainen lämpötila voi paljastaa esimerkiksi ikkunan auki jäämisen tai rikkoutumisen. Lämpötila-anturit suunniteltiin estämään vääränlaisten lämpötilojen aiheuttamat haitat, kuten turhat energiahukat tai talvisin vesiputkien jäätymiset.

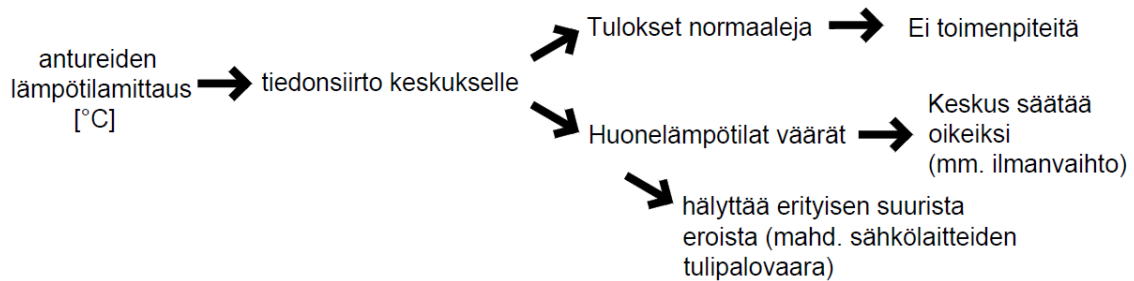


KUVA 15. Periaatekuva lämpötila-antureiden sijoituspisteistä omakotitalossa

Anturit suunniteltiin huoneiden sisäkattoihin, joista niiden yhteydet on helppo johtaa järjestelmälle. Antureiden sijainteja etsittäessä otettiin huomioon myös se, että kattoon asennettu anturi ei välttämättä reagoi tarpeeksi nopeasti esimerkiksi auki jääneeseen ikkunaan. Tämän takia tutkittiin mahdollisuutta asentaa antureita myös lattian tasolle, jonne ikkunasta mahdollisesti saapuva kylmä ilma painuu. Sähkölaitteiden yhteyteen asennettavat anturit on myös helppo asentaa ja niiden yhteydet järjestelmään voidaan vetää seinä- ja kattorakenteiden sisällä. Antureiden aistimat lämpötila-arvot johdetaan järjestelmälle, joka lukee tiedot ja tekee tarvittavat toimenpiteet. Järjestelmään suunniteltiin myös lämpötilamittauksen yhteyteen rajoitin, joka ilmaisee lämpötilojen suuret vaihtelut. Näin käyttäjä voi puuttua mahdolliseen ongelmaan ajoissa, ennen kuin peruuttamatonta vahinkoa tapahtuu.

Anturit suunniteltiin siten, että niiden avulla lämpötilat voidaan pitää oikeanlaisina ja niiden avulla voidaan vaikuttaa myös ilmanvaihtoon (kuva 16). Esimerkiksi kesäisin ulkoisten lämpökuormien takia sisäilman lämpötila voi kohota liian korkeaksi, jolloin ilmanvaihtoa joudutaan tehostamaan. Ilmanvaihdon suuruutta

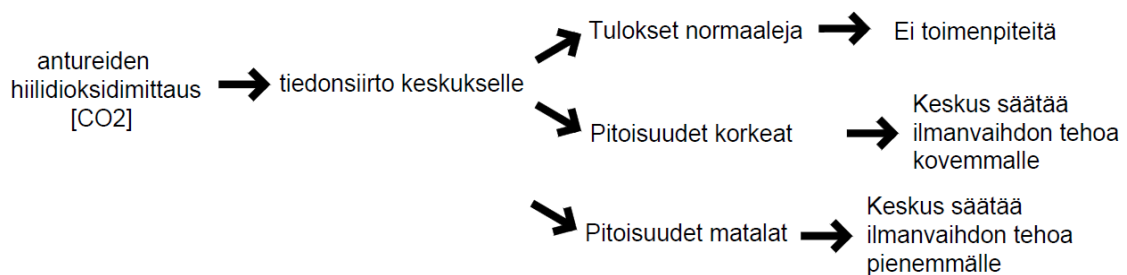
tutkittaessa todettiin, että järjestelmän lämpötilamittaus voi olla yhteydessä ilmanvaihtoon. Ilmanvaihdon teho määräytyy automaattisesti erityisesti kesäaikaan, mutta talviaikana ilmanvaihdon teho voidaan hoitaa mekaanisesti, koska silloin lämpökuormat ovat pienempiä.



KUVA 16. Lämpötilan mittausjärjestelmän toiminta

4.3 Hiilidioksidimittaus

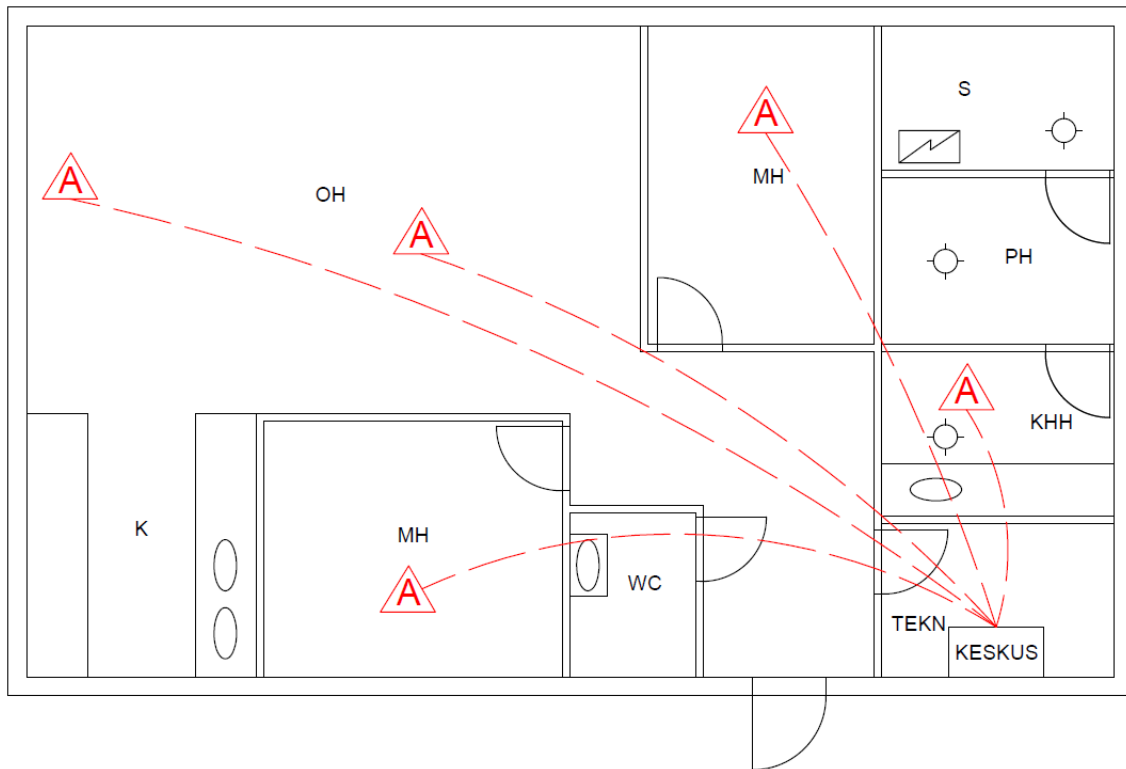
Hiilidioksidimittaus suunniteltiin ohjaamaan ilmanvaihtoa. Anturit mittaavat hiilidioksidipitoisuutta ja pitoisuuden kasvaessa ilmanvaihtoa tehostetaan. Päinvaltaisessa tilanteessa ilmanvaihdon tehokkuutta pienennetään (kuva 17). Ilmanvaihdon säätäminen suunniteltiin tapahtuvan automaattisesti, mutta halutesaan käyttäjä voi säätää tehon mekaanisesti. Anturit suunniteltiin huoneilmaan niihin tiloihin, joissa sisäilman hiilidioksidipitoisuus vaihtelee suuresti, kuten esimerkiksi olohuoneissa, keittiössä ja makuuhuoneissa. Edellä mainituissa tiloissa pitoisuuksien arvioitiin vaikuttavan eniten viihtyvyyteen.



KUVA 17. Hiilidioksidipitoisuuden mittausjärjestelmän toiminta

Hiilidioksidimittauksen mittauspääät suunniteltiin lämpötilamittauksen kanssa lähes samoihin paikkoihin (kuva 18). Mittauspäiden sijoituspisteitä tutkittaessa tul-

tiin siihen tulokseen, että jokaisen lämpötila-anturin yhteyteen ei ole välttämättöä asentaa hiilidioksidianturia, koska osa tiloista ei ole niin tiheässä käytössä. Yhteydet järjestelmän keskukseen voidaan vetää samaa reittiä lämpötila-antureiden kanssa. Samalla tutkittiin myös mahdollisuutta asentaa huonetilaan vain yksi monitoimianturi, jolla voidaan mitata samaan aikaan sekä lämpöä että myös kosteutta ja hiilidioksidipitoisuutta. Näin voidaan mittaukset hoitaa yhdellä anturilla eikä rakenteisiin tarvitse vetää niin paljon johtoja. Järjestelmän asentaminen on yksinkertaisempaa tällä tavalla, ja mahdollisten asennusvirheiden todennäköisyys pienenee. Hiilidioksidiantureita suunniteltaessa todettiin kuitenkin, että rakennuksessa tarvitaan myös pelkästään lämpötila-antureita, joten kaikkia antureita ei voida korvata monitoimiantureilla.

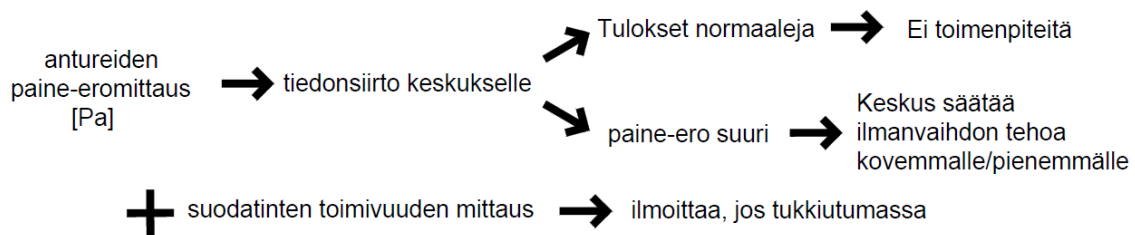


KUVA 18. Periaatekuva hiilidioksidiantureiden sijoituspisteistä omakotitalossa

4.5 Paine-ero

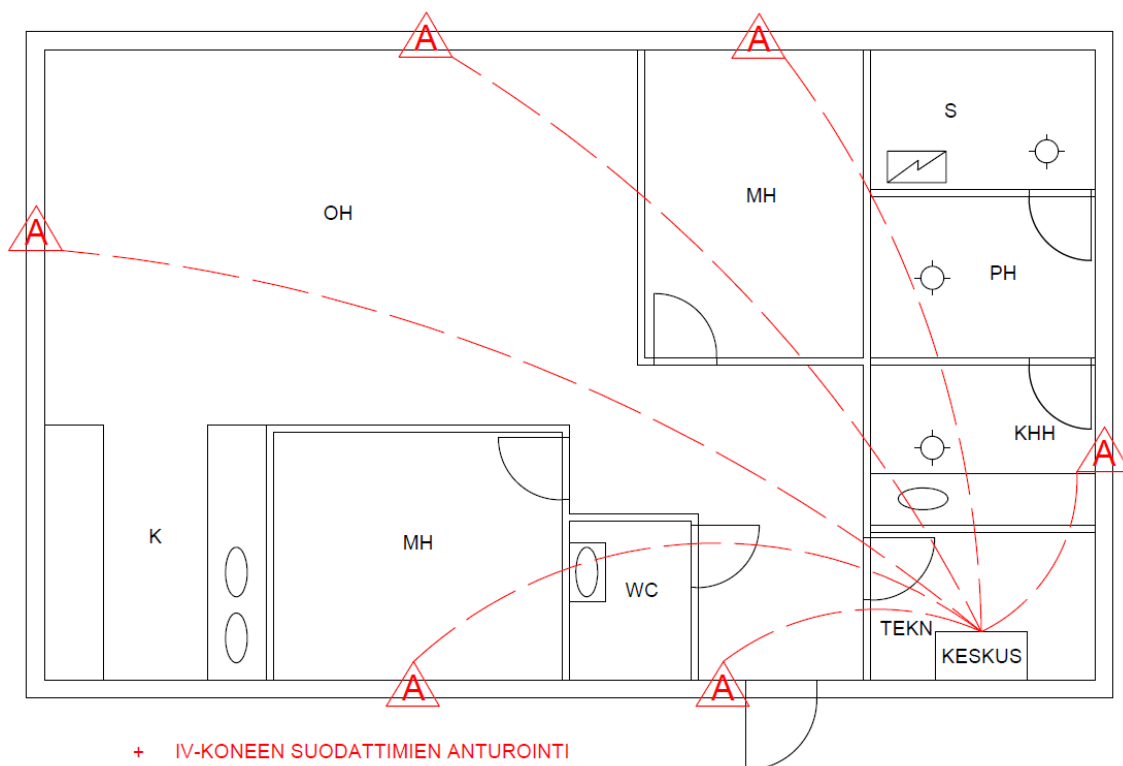
Paine-eromittaus todettiin tärkeäksi osaksi järjestelmää, koska ilmanpaineella on suuri merkitys sisäilman terveellisyyteen. Mittauksen avulla käyttäjä huomaa, jos rakennuksessa on liian suuri yli- tai alipaine. Vääränlainen ilmanpaine siirtää kosteuden rakennuksen rakenteisiin ja voi muodostaa sinne kosteusvaurion.

Tämän arvioitiin olevan käyttäjälle helppo keino saada tietää painesuhteiden tilanne rakennuksessa. Järjestelmän keskus analysoi paine-eron mittauksen tulokset ja säättää ilmanvaihtoa siten, että painesuhteet palaavat oikeanlaisiksi (kuva 19). Antureita suunniteltiin myös ilmanvaihtokoneeseen suodattimien yhteyteen. Anturit asetettiin suodattimien molemmiin puolin, jolloin niiden avulla voidaan tarkkailla suodattimien kuntoa. Kun suodattimet ovat menossa tukkoon, anturit antavat siitä tiedon järjestelmälle, jolloin suodattimet voidaan vaihtaa hyvissä ajoin.



KUVA 19. Paine-eron mittausjärjestelmän toiminta

Paine-eron mittauksen arvioitiin olevan hieman haastavaa, koska varsinkin korkeissa tiloissa painesuhteet voivat vaihdella. Tästä johtuen tutkittiin mahdollisuutta asentaa paine-eroantureita muutamaan eri korkeustasoon, jolloin saadaan realistisempi kuva tiloissa vallitsevista painesuhteista. Useasta eri tuloksesta voidaan muodostaa käsitys tilojen kokonaispainesuhteista. Paine-eron mittausjärjestelmää laadittaessa havaittiin, että paine-eron mittaus tulisi tehdä rakennuksen vaipan (esimerkiksi ulkoseinän) yli. Lisäksi havaittiin, että painesuhteisiin vaikuttava tuuli vaikeuttaa paine-eron mittausta. Mittauspisteitä suunniteltaessa todettiin, että pelkästään yhdeltä seinältä mitattu paine-eron arvo ei anna todenmukaista tulosta. Paine-eron suuruusluokkia suunniteltaessa todettiin, että paine-eroanturit asennettaisiin pääsääntöisesti olohuoneeseen sekä makuuhuoneisiin. Pyrkimyksenä kuitenkin oli, että rakennuksen jokaiselle sivulle tulisi paine-eroanturi (kuva 20).

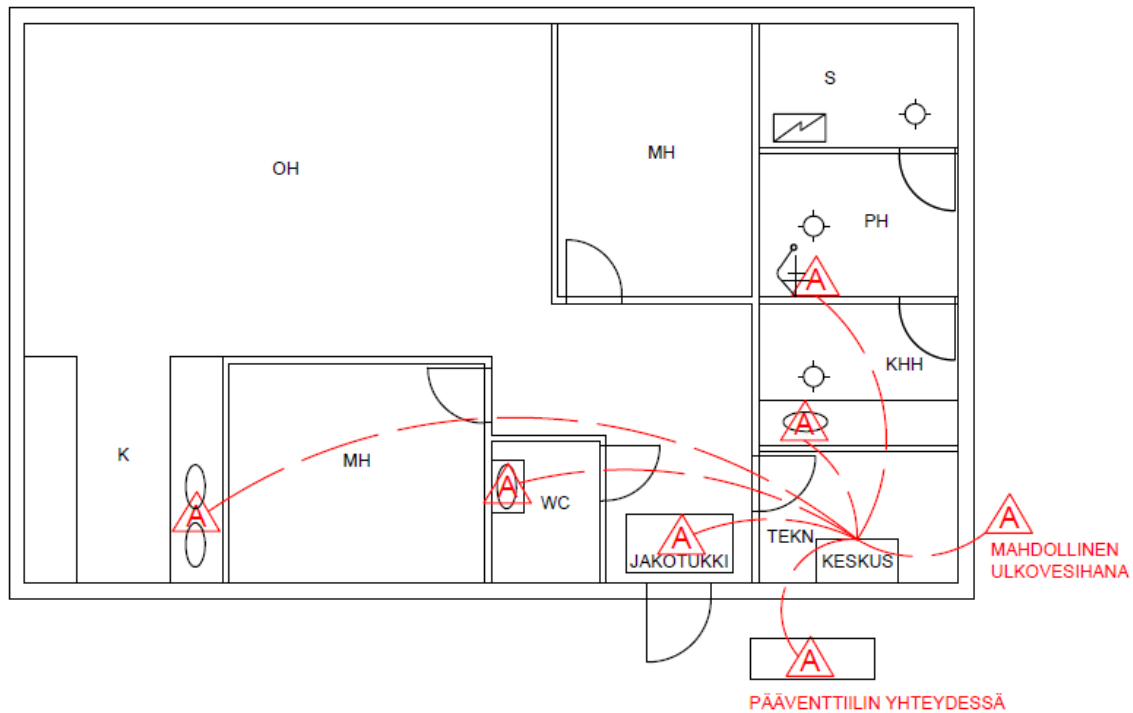


KUVA 20. Periaatekuva paine-eroanturoiden sijoituspisteistä omakotitalossa

4.4 Älykäs veden mittaus

Tarpeettomalla tai epätavallisella veden kulutuksella arvioitiin olevan vaikutusta sekä rakennuksen rakenteisiin että myös ajan kuluessa käyttäjän terveyteen. Epätavallisella veden kulutuksella tarkoitetaan esimerkiksi vuotoja, jotka voivat tapahtua vesiputkien vuotavista liitoksista. Vuodoista voi aiheutua myös haittoja sisäilmaan ajan kuluessa. Antureiden suunniteltiin mittaavan veden kulutusta muutamasta eri pisteestä, joista se voisi raportoida tilanteet eteenpäin ja tarvittaessa sulkea pääventtiilin.

Virtausmittareita suunniteltiin rakennuksen vedet jakavalle jakotukille jokaisen putken yhteyteen (kuva 22). Tämän arvioitiin olevan paras keino seurata tarkasti, missä paikoissa rakennusta vettä kuluu ja kuinka paljon. Lisäksi mahdollinen vuoto voidaan paikantaa helposti ja vesilinja voidaan tarvittaessa sulkea nopeasti. Vedenmittauspisteitä suunniteltiin myös jokaisen vesipisteen yhteyteen (kuva 21). Näin saadaan nopeasti selville, jos jokin hanoista vuotaa tai on jäänyt epähuomiossa päälle.



KUVA 21. Periaatekuva veden mittausanturoiden sijoituspisteistä omakotitalossa

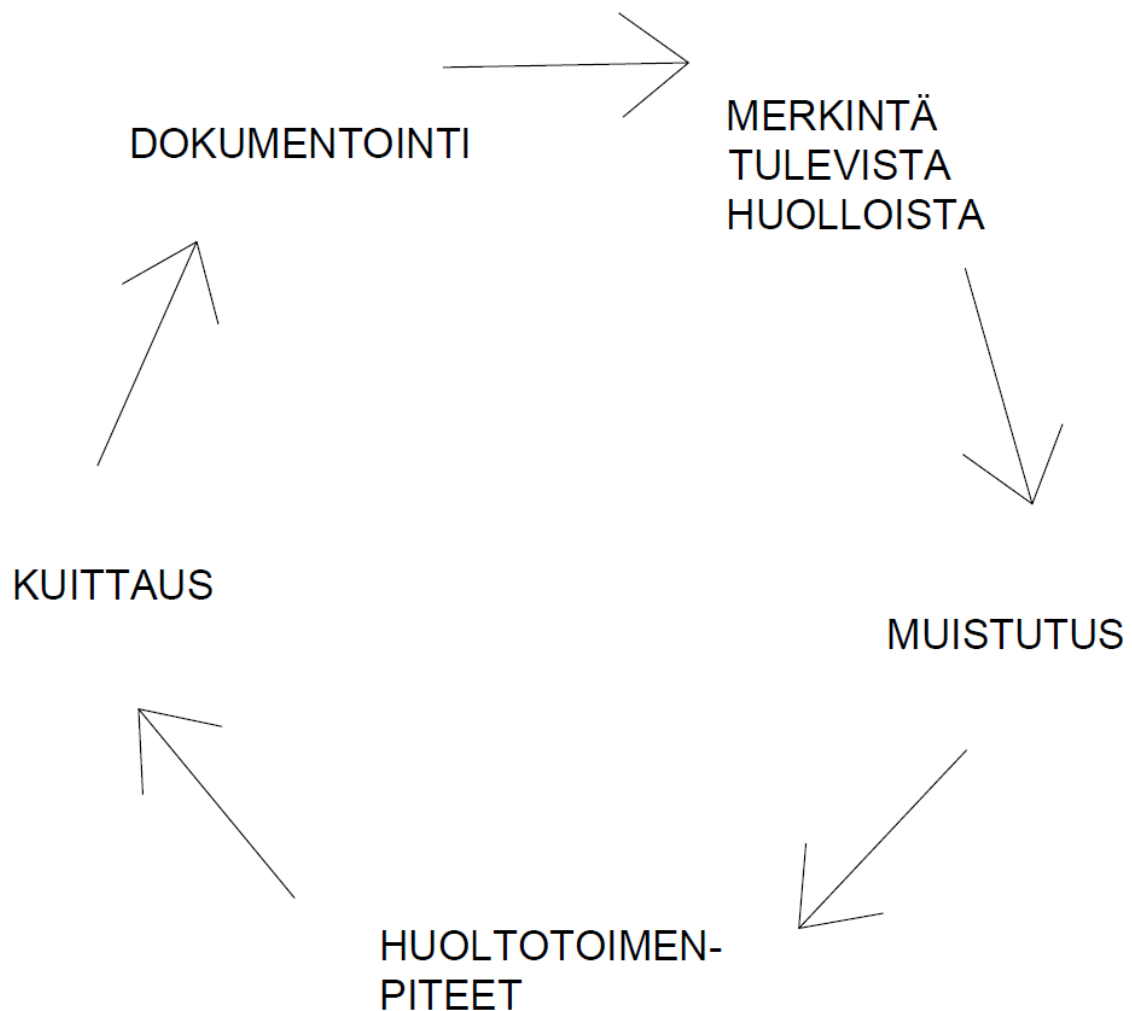
Veden kulutuksen mittaaminen reaaliajassa auttaa käyttäjää seuraamaan tarkasti tilakohtaisia kulutuksia. Keskus näyttää esimerkiksi kylpyhuoneen vedenkulutuksen taukoamatta. Jos käyttäjä havaitsee siellä tarpeetonta veden kuluusta, voi hän käydä tarkastamassa, onko esimerkiksi suihku jäänyt päälle. Tämän todettiin olevan suuri apu ja helpottava keino paikantaa mahdolliset poikkeamat (kuva 22). Tilannetta vertailtiin nykytilanteeseen, jossa vesiputkien haitalliset vuodot eivät tule käyttäjän tietoisuuteen pahimmassa tapauksessa vuosiin. Tämän mittauksen todettiin vähentävän hurjasti kosteusvaurioita ja siitä johtuvia sisäilman ongelmia.



KUVA 22. Vedenkulutusmittausjärjestelmän toiminta

4.5 Huoltovälimuistutin

Huoltovälimuistutin suunniteltiin järjestelmän yhteyteen toimimaan ikään kuin muistikirjana, josta huomataan rakennuksen tulevat huollot (kuva 23). Huoltoja voivat olla esimerkiksi suodatinten vaihdot tai silikonien uusinnat. Kun huollot on tehty, niistä tehdään kuittaus ja dokumentointi. Näin huolloista jää jälki järjestelmään, minkä arvioitiin olevan tärkeä asia talon ylläpidon kannalta. Huoltovälimuistuttimeen käyttäjä voi itse merkitä tulevia huoltoja, jotka ovat tulossa ajankohtaisiksi. Tämän todettiin olevan helpottava keino, sillä näin käyttäjä voi valmistautua huoltoihin huolellisesti.



KUVA 23. Periaatekuva huoltovälimuistuttimen toimintamallista

5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua omakotitalon sisäilman laadun muodostaviin tekijöihin. Tämän lisäksi suunniteltiin anturointijärjestelmä kuvitteelliseen esimerkkikohteeseen Oulun alueelle. Anturointijärjestelmän suunnitelma on alustava, ja se tulee tarkentumaan myöhemmin.

Sisäilman laatutekijöistä käytiin läpi keskeisimmät asiat, kuten ilmanvaihdon tai huonelämpötilojen vaaditut suuruudet tai mahdollisen huonon sisäilman haittavaikutukset. Anturointijärjestelmän suunnittelu käytiin läpi vaiheittain. Aluksi tutkittiin, missä huoneissa mitäkin anturia tarvitaan ja lopussa antureille suunniteltiin huoneista jo alustavat paikat.

Anturointijärjestelmää suunniteltaessa huomattiin, että sen asentamisella ei ole vaikutusta omakotitalon rakenneratkaisuihin juuri ollenkaan. Järjestelmän asennustyö pitkittää hieman koko kohteen rakennusaikaa, mutta järjestelmä maksaa varmasti itsensä takaisin. Asennustyö on tarkkaa hommaa ja huolimattomuuteen ei ole varaa. Järjestelmän ylläpito ei vaadi talon asukkaalta mitään, mutta sen huoltamiseen tarvitaan ammattilaisen apua.

LÄHTEET

1. Sisäilmaopas. 2011. Allergia- ja Astmaliitto ry ja Hengityслиitto ry. Helsinki. Hakupäivä 1.3.2016.
2. Asumisterveysohje. 2003. Sosiaali- ja terveysministeriö. Helsinki. Hakupäivä 1.3.2016.
3. RT 07-10564. 1995. Rakennuksen sisäilmasto. Helsinki: Rakennustieto Oy. Hakupäivä 1.3.2016.
4. Reijonen, Ossi 2011. Ikkunoiden perusparantamisen menetelmät ja vaikutus talon energiatehokkuuteen. Opinnäytetyö. Joensuu: Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö. Hakupäivä 5.3.2016.
5. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. 2016. Valvira. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto. Helsinki. Hakupäivä 25.3.2016.
6. Ilmanvaihtojärjestelmien tehtävä. 2016. Hengityслиitto. Saatavissa: <http://www.hengityслиitto.fi/fi/sisailma/ilmanvaihto>. Hakupäivä 5.3.2016.
7. RT 93-10965. 2009. Asuntosuunnittelu. Talotekniikka. Helsinki: Rakennustieto Oy. Hakupäivä 9.3.2016.
8. Rakennuksen painesuhteiden muodostuminen. 2016. Sisäilmayhdistys ry. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Ilmavirtaukset-rakennuksessa>. Hakupäivä 10.3.2016.
9. Päckilä, Taneli 2012. Mikrobin kulkeutuminen sisäilmaan paine-eron vaikutuksesta. Diplomityö. Aalto-yliopisto, rakenne- ja rakennustuotantotekniikan koulutusohjelma. Hakupäivä 10.3.2016.
10. Seppänen, Kim 2010. Painesuhteet rakennuksen ulkovaipan yli. Kuopio: Itä-Suomen yliopisto, koulutus- ja kehittämisspalvelu Aducate. Hakupäivä 20.3.2016.

11. Mäkikyrö, Tapani 2015. Kuivaketju10. Kosteudenhallintaan yhteinen toimintamalli koko valtakuntaan, rakennusosalalle ja asiakkaille. Oulu: Oulun rakennusvalvonta. Hakupäivä 20.3.2016.
12. Seppälä, Pekka 2015. Kuivaketju10 - Uusi toimintamalli kosteudenhallintaan. Oulu: Oulun rakennusvalvonta. Hakupäivä 20.3.2016.

